

I. 切削油剤の分類

- i 油性切削油
 - 1) JIS規格
 - 2) 種類
 - 3) 主たる成分
 - 4) 試験成績表

- ii 水溶性切削油
 - 1) JIS規格
 - 2) 種類
 - 3) 特性
 - 4) 組成
 - 5) 試験成績表
 - a) 原液組成
 - b) 希釈液組成

- iii 油性切削油と水溶性切削油の比較

II. 切削油油剤の性能評価

- i 1次性能評価
- ii 2次性能評価

III. 切削油の目的

- i 冷却効果
- ii 浸透・洗浄効果
- iii 潤滑効果

IV. 切削油剤の使用上の留意点

- i 貯蔵上の注意事項
- ii 使用上の注意事項
- iii 衛生管理について
- IV 廃油・廃液の処理

I 切削油の分類

i 油性切削油

1) JIS規格 (資料 1 参照)

2) 種類

N1種	鉱油及び脂肪油からなり、極圧剤を含まないもの
N2種	N1種の組成を主成分として、極圧剤を含むもの (銅板腐食が150℃で2未満のもの)
N3種	N1種の組成を主成分とし、極圧剤を含むもの (硫黄系極圧剤の添加が必須で、銅板腐食が100℃で2以下 150℃で2以上のもの)
N4種	N1種の組成を主成分とし、極圧剤を含むもの (硫黄系極圧剤の添加が必須で、銅板腐食が100℃で3以上のもの)

3) 主たる成分

基油	鉱油 合成油	灯油 軽油 精製油 炭化水素系(ポリオレフィン系) エステル系 エーテル系 シリコン系 フッ素系
油性剤	油脂類 脂肪酸類 エステル類 高級アルコール類	植物系(大豆油 菜種油 米ぬか油等) 動物系(ラード 鮫油 ラノリン油等) オレイン酸 パルミチン酸 ステアリン酸 脂肪酸のエステル類 オレインアルコール ステアリルアルコール等
極圧剤	塩素系極圧剤 硫黄系極圧剤 リン系極圧剤 有機金属化合物	塩素化パラフィン 塩素化脂肪酸 塩素化脂肪酸エステル 硫化鉱油 硫化油脂 硫・塩化油脂 スルフォイド類 ポリサルファイド(活性・不活性) フォスフェイド類 フォスファイド類 チオリン酸塩 モリブデン化合物 ホウ素化合物
その他	さび止め剤 酸化安定剤 流動点降下剤	カルボン酸 カルボン酸塩 スルホン酸塩 エステル類 アミン 燐酸塩等 フェノール類 アミン類 硫黄系 塩素化パラフィンとナフタリンの縮合物 ポリアクリルメタクリエート等

4) 試験成績表

試験項目	単位	その他
色	ASTM	
引火点	℃	
動粘度	mm ² /s @40℃	
油脂分	質量%	
塩素分	質量%	
全硫黄分	質量%	活性硫黄を表示する場合もある
銅板腐食	100℃X3時間 150℃X1時間	
流動点	℃	
耐荷重試験並びに 動摩擦係数	線接触 面接 kg/cm ² μ kg/cm ²	曾田式四球試験 ティムケン試験
アンチミスト性 霧化率	有無 質量%	
金属元素	質量%	
ケン化価	mgKOH/g	
生分解率	%	CEC-L-33-T-82 CEC(欧州規格詰問)の定められた 生分解測定法に従う 67%以上を生分解油と認める

ii 水溶性切削油

1) JIS規格 (資料 2 参照)

2) 種類

A1種	エマルジョンタイプ	Emulsion (乳白色)
A2種	ソリュブルタイプ	Soluble (半透明)
A3種	ソリューションタイプ	Solution (透明)

3) 特性

	エマルジョン	ソリュブル	ソリューション
外観	乳白色	半透明	透明
油の粒子径(μ)	0.1~10.0	0.005~0.2	0.001以下
浸透・冷却性	良くない	良い	良い
潤滑性	良い	悪い	ナシ
防さび性	油剤により	良い	良い
耐腐敗性	腐敗臭	水カス	カビ
機械の汚れ	ベタツキ	少ない	ナシ
手荒れ	少ない	少ない	あり
オイルミスト	出る場合あり	少ない	少ない
廃液処理性	容易	難	難

4) 組成

	エマルジョン	ソリュブル	ソリューション
鉱物油 (合成油)	90~10	50~10	0
界面活性剤	20~10	30~10	10~0
防錆剤	10~5	20~10	30~0
脂肪油脂分	30~0	30~0	0
極圧剤	30~0	30~0	0
カップリング剤	5~0	5~0	0
殺菌剤	2~0	5~0	5~0
無機塩類	0	0	30~0
水	0	30~0	70~40

(但し、最近ではエマルジョンでも水分含有のものも出てきた)

5) 試験成績表(一つの例として)

A) 原液組成

1) 外観		濃緑色透明
2) 密度	15°C g/cm ^③	0.934
3) 動粘度	mm ^② /S	68
4) 引火点	°C	144 98
5) 不揮発分	%	

B) 希釈液成績表

1) 外観		乳白色
2) 表面張力		29
3) PH		8.5
4) 泡立ち		
転倒法		400-0-0
ミキサー法(9,000rpmX1分)		365-35-0
5) 金属腐食性		
室温X48時間	銅	変化なし/変化なし
液上/液中	アルミ	
6) 安全性		
急性経口毒性試験 LD50値	g/kg	20mg/kg以上
(試験内容は資料3を参照)		
急性経皮毒性試験 LD50値	g/kg	
7) 廃液処理性		別途報告
8) 適用法令		
化学物質管理監督法	PRTR	第一種指定の含有 0.1%以上は報告
労働安全衛生法(通知対象物質)		
消防法危険物(多くの場合は第4類の第3, 4石油類)		
劇薬物取締法 欧州ELV規制 RoHs規制に基ずく環境負荷物質]規制		

iii 油性切削油と水溶性切削油の比較

油性と水溶性を単純に比較することは、論理的に不可能と思われるが、経験論的に比較すれば下記の項目で比較できる

		油性切削油	水溶性切削油
加工性能	一般論	比較的低速切削	比較的高速切削
		滑り性を要求される加工 (ドリル タップ リーマ)	冷却力を要求される加工 (チップによる旋削)
	面粗度	良好	油性に比べれば劣る (但し、高濃度で油性に近い)
	刃先寿命	連続切削では、「送りを下げて速度を上げる」ことにより 油性より水溶性の方が刃先に寿命延長を見る事が出来る。 断続切削では、刃先の衝撃吸収力では油膜力の差が油性が勝る。	
経済性	イニシャルコスト	_____ 円/L	_____ 円/L (10倍希釈の場合は1/10)
	ランニングコスト	ミストによる蒸発、切り屑への付着等 持ち出し量は多	ミストとしての蒸発は微量 液管理次第では補給量は少
作業環境	ミスト	ミストの影響で機械回り、床のベタツキ ミストの吸引で作業体へへの心配	ミストが少ないため環境改善 につながる。
	臭気 危険性	油臭さ 火災の危険は伴う	腐敗臭の心配あり 液管理の徹底が必要
	作業性	加工温度の上昇は否めない。 従って加工直後の製品搬出時には 高温対策が必要	加工温度は上らないので 作業性は問題なし。
補給の手間	油剤の補給は簡単、油が無くなれば 補給すればよい		補給は水と原液の両方で その比率も面倒。
製品の腐食	加工後放置しておいても錆の心配は 無い。		濃度管理次第では腐食に つながる。
火気の危険性	危険物につき要注意		水溶液は不燃性の為、問題 は無いが、原液は危険物に 属するものもあり。

II 切削油剤の性能評価

1) 1次性能

本来の加工性能そのものを言うが、実機で材料を加工して刃先の摩耗や、切り面の面粗/等を測定して判断することが最適だが、テスト前の段階として、油剤のデータからある程度判断できる。

油性の場合は、ベース油の粘度、油性剤、極圧剤の種類、含有量から化学的に推定する物理的には、タッピングトルク試験、四球耐荷重試験等から滑り性を判断する。

水溶性では低速切削の域ではエマルジョン、高速切削の域ではソリューションを選定するケースが一般的である。

しかしながら、水溶性の場合は、ベースとなる基油の鉱物油或いは合成油の種類、親油基親水基からなる界面活性剤の組み合わせ、脂肪酸塩の種類、幾多の組み合わせ等々で構成されているので、浸透性、冷却性等を原液のデータだけで推測することは非常に難しい。水溶性の場合はむしろ、次に述べる2次性能の方が重要な要素になる場合が多い。

2) 2次性能

ここでは特に水溶性に焦点を当てて、第2次的な性能を項目別に述べたい。

循環して使用している切削液は経時と共に変化する。むしろ液の劣化と言えるかもしれない。作業者の健康上の問題、機械的なトラブル、現場環境の問題等、諸問題を言う。

この経時で変化していく度合いは事前にある程度予測防止出来るが、トラブルの要因が複雑な物理的、化学的な因果関係にあり、新液の状態では予測できない場合もある。

- a) **希釈水への溶解力： 濃度の不均一をなくすこと**
水溶液をつくる手順
水と混ざりにくい油はミックスコントローラーの設置
- b) **人体への安全性、刺激臭： 作業者への配慮**
安全データシートのチェック
急性毒性試験 LD50値の確認
- c) **消泡力、防錆力： 機械メンテナンス、加工性能の劣化**
ミキサー法で事前確認、テストピースを使い事前確認
- d) **混入油分の分離性能： 作業環境維持、加工性能の劣化**
摺動面油との相性をチェック、分離性に優れた油を選定、ミキシング試験で、どの程度分離するか、浮上油との間にクリーム層が出来ないか
- e) **金属イオンに対する抗力： 液のベタツキ、加工性能の劣化**
被削材の中でも、マグネシウム合金、アルミニウム合金は水の中で「イオン化傾向」が高い為、これらのワークを加工する時は事前に抗金属性の注意が必要。
- f) **耐腐敗性能： 作業環境悪化**
新液に腐敗液を添加して、40℃の恒温槽のなかで、48時間以上培養する。腐敗しなければ腐敗には強いと判断できる。
恒温槽が無くとも、要は暖かい所(モーターの近くとか)でバクテリアを強制的に増殖させて観る。
- g) **廃液処理性： 処理費用との関係**

Ⅲ 切削油剤の目的

1) 冷却効果

切削点での加工熱を出来るだけ抑える働きと、発生した熱をいち早く取り除いて、刃物全と被削材を冷却させることが重要である。加工熱は、低速域ではせん断熱、高速域では摩擦熱の占める割合が大きい。熱の発生源はつぎに3か所である。

- ① 被削材のせん断面で、ひずみや破断を生じさせる為にエネルギーは消費され、せん断熱として発生する。
- ② 切屑が工具すくい面を激しく摩擦しながら排出していく時に消費されるエネルギーで摩擦熱として発生する。
- ③ 工具の逃げ面が被削材と摩擦する事によって消費するエネルギーで、摩擦熱として発生する。

発生する熱の2/3はせん断部分で発生し、残り1/3は工具と切屑、工具と仕上げ面の滑り摩擦によって生じる。発生した熱の大半は切屑によって持ち去られるが、熱伝導性の小さな耐熱合金の場合は、大半が工具に蓄積され刃先の温度上昇を招く結果となる。

2) 浸透・洗浄効果

いくら冷却力の強い液を使用しても、切削点へいち早く到達しなければ、冷却の効果は上らない。浸透する力の目安は表面張力である。この数字が小さい程浸透性がある。一般削には、この浸透力を「液の濡れ性」ともいう。

切削力を上げる為には濡れ性の良い液でせん断部及び工具全体に行き渡る様に浸透させる事が必要である。さらには、切屑を油膜で包み込み切屑の熱を周りに拡散させぬ様、切り屑を素早く洗浄してしまう役割が切削液にはある。

3) 潤滑効果

滑り性は切削加工中で最も重要な役割である。切削点での潤滑効果は油膜強度がどんなにしっかりしている油剤でも、500℃を超える境界線では油膜による潤滑は存在しない。

工具刃先は高い圧力と温度により、切り屑の一部が刃物救い面に凝着してしまう。この付物は薄い膜状もしくは層状で大きく成長して刃先に固着し、刃先に似た形状となる。これを「構成刃先」と呼ぶ。構成刃先の生成機構は切削温度と密接な関係にあり、被削材と刃物材質との親和性が良い程出来やすい。さらにこの構成刃先は「臨界切削温度を超えると壊して消滅」することにより、生成、成長、脱落の繰り返しである。従って、適切な切削油を供給することにより、油膜や添加剤の介入によって、切り屑が刃先に溶着することをお防ぎ、構成刃先の成長を抑え、仕上げ面を良くすることができる。この領域において優れた効果発揮するのが極圧添加剤であり、この添加剤は加工温度が上昇するに伴い化学的に分解刃先と化学反応により金属塩の薄膜を形成する。この金属塩の薄膜は、工具や被削材金より融点が低く、せん断強度の高い熱的に安定な膜である。この膜が一種の固体潤滑剤として作用し、優れた潤滑性を発揮すると共に金属の親和性がもとで発生する構成刃先を抑制する。一方、すくい面においては削られてきた「被削材より硬い切り屑」が高圧環境下擦られながら排出して来るので、熱摩擦を防ぐためにもより高い潤滑性が求められる。

この領域での化学反応は多種多様な加工条件で様々な見解があり極めて難しい範疇で

イ) 被削材の延性、引っ張り強度、加工硬化性、硬度

ロ) 工具材質

ハ) 加工内容 等々無限の組み合わせがあり、不明な部分が多すぎる。

IV 切削油剤使用上の留意点

- 1) 貯蔵上の注意事項
- 2) 使用上の注意事項
 - a) 油性切削油の場合
 - 1) 新油の張り込み
 - 2) 親油の補給
 - 3) 全交換の判定
 - 4) 切り屑除去装置の取り付け
 - 5) 他油の混合防止
 - 6) 不適合材料
 - 7) 工作機械及び油循環系統の保全
 - 8) 作業環境の保全
 - 9) 水分混入防止
 - b) 水溶性切削油の場合
 - 1) 希釈水
 - 2) 水溶性切削油の張り込み
 - 3) 希釈液の調整
 - 4) 補給及び濃度管理
 - 5) 全交換の判定
 - 6) 切り屑除去及び他油混入
 - 7) 相溶性
 - 8) 工作機械及び油循環系統の保全
 - 9) 腐敗防止策
- 3) 衛生管理について
 - a) 切削油剤の安全性
 - b) 皮膚炎
 - c) 呼吸器障害
- 4) 廃油・廃液の処理
 - a) 油性切削油の場合
 - b) 水溶性切削油の場合

り

こ

こ

度
は

が、

、

甚、

しい。

。

、

体と

で

：

）

の

にが
与

よに

着

を

り

次化

給

を

解して、

属

と

で